SITZUNG VOM 20. APRIL 1854.

Eingesendete Abhandlungen.

Mittheilung aus einem Schreiben des Herrn Professors Stokes, über das optische Schachbrettmuster.

Von dem w. M. W. Haidinger.

Herr Professor Stokes in Cambridge erfreute mich vor einiger Zeit durch ein in mannigfaltigen Beziehungen so wichtiges Schreiben, dass ich es nicht unterlassen darf, mehrere Abschnitte desselben der hochverehrten mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe vorzulegen, wozu mich namentlich auch mein hochverehrter Freund, Herr Regierungsrath von Ettingshausen, aufmunterte, dem ich jenes Schreiben gleich nach Erhalt desselben bereits mitgetheilt hatte. Es kommen darin, nebst einigen Erörterungen über die von Herrn Stokes so gründlich untersuchte Fluorescenz, mehrere der Gegenstände zur Sprache, an denen auch ich in der letzten Zeit einigen Antheil genommen, wie die Beweise für die Richtung der Lichtäther - Schwingungen senkrecht auf die Polarisationsebene, und die ich zum Theil der Aufmerksamkeit der Physiker empfohlen, wie die Polarisationsbüschel und die Erscheinung eines Schachbrettmusters durch Beugung.

Wenn auch alle diese Erscheinungen näher oder entfernter an einander schliessen und man auf diese Art sehr natürlich von dem Einen auf das Andere kommt, so besitzt doch Jedes wieder so sehr seine eigenthümlichen Interessen, dass ich recht daran zu thun glaube, jedes für sich zu erörtern, um nicht auf Einmal den Inhalt des ganzen Schreibens zu geben, vorzüglich auch darum, weil ich doch hin und wieder einige Betrachtungen anknüpfen möchte, durch welche der Umfang für eine einzelne Mittheilung gar zu umfassend werden könnte. Ich wähle für heute die werthvollen Arbeiten und Betrach-

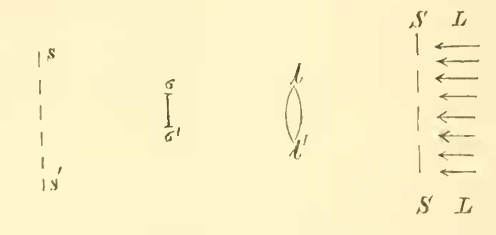
tungen über die von mir in einer früheren Sitzung [1]) unter dem Namen des Interferenz-Schachbrettmusters beschriebenen Erscheinung. Die damalige Mittheilung selbst darf ich wohl hier in so weit als bekannt voraussetzen, dass es überflüssig wäre, die Natur derselben neuerdings auseinanderzusetzen, nur Eines dürfte mir gestattet sein in das Gedächtniss zu rufen, dass ich schon damals darauf hinweis, dass es wichtig sein würde, alle beschriebenen Beobachtungen mit optischen Apparaten zu machen, so wie auch, dass, wenn man die Sonne durch Stickpapier auf weissen Grund, etwa Papier, hindurchscheinen lässt, sich deutlich die gelben und violetten Quadrate mit weissen wechselnd zeigen. Ich versäumte aber zu bemerken, dass das Stickpapier hinter einer Loupe gehalten wurde. Aber es ist oft ein weiter Schritt zwischen Wunsch und Erfüllung, zwischen Wort und That, zwischen dem unbestimmten, allgemeinen Ausdrucke, und der Anordnung materieller Hülfsmittel und der Anwendung geistiger Schärfe, um die Erscheinungen zweckmässig herbeizuführen und zu beurtheilen. Indessen freue ich mich, dass es mir wenigstens gewährt ist, an dem gegenwärtigen Orte selbst die nachstehenden Versuche und Erklärungen anführen zu können, welche wir Herrn Professor Stokes verdanken, und die ich seinem Schreiben entnehme. Er schreibt wie folgt:

„Ich habe ähnliche Erscheinungen," wie das Interferenz-Schachbrettmuster, „auf einem Schirme dargestellt, indem ich das Sonnenlicht horizontal in ein finsteres Zimmer reflectirte, in dem Fenster, auf dem Wege des einfallenden Lichtes, ein durchlöchertes Zinkblech, wie es für Fensterblenden dient, anbrachte, mit einer grossen Linse in einiger Entfernung von dem Bleche, und das Bild des Bleches nun auf einem Blatte Papier auffing, welches von dem Bilde nach beiden Seiten gegen die Linse zu und von derselben weg bewegt werden konnte. Ich überzeugte mich, dass die Erscheinung nicht auf Interferenz beruht, sondern einen viel einfacheren Charakter besitzt, und dass die Erklärung derselben aus der geometrischen Theorie der Schatten und Halbschatten folgt. In der That kenne ich kein Interferenz-Phänomen, das auf einer breiten Lichtfläche, wie die des Himmels ist, beruht; es ist immer erforderlich, die einfallenden Strahlen zu begrenzen, indem sie etwa durch ein Loch oder einen

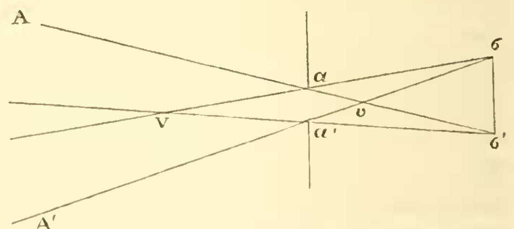
[1]) Am 2. October 1851. Sitzungsberichte. Bd. VII, S. 389.

Spalt gehen, oder indem man sich des Sonnenbildes einer Linse mit kurzer Brechweite bedient. In meinen Versuchen brachte ich nicht nur die Erscheinungen hervor, welche den von Ihnen beschriebenen ähnlich sind, indem ich den vollen Sonnenstrahl anwandte, sondern ich untersuchte auch die Interferenz-Wirkungen, indem ich das Bild der Sonne durch eine Linse von ziemlich kurzer Brennweite benützte und das Zinkblech nun in einige Entfernung vom Fenster rückte, und ich bin überzeugt, dass Interferenz-Wirkungen, selbst wenn sie nicht ganz unsichtbar sein sollten, doch in Ihrem Phänomen so schwach sind, dass sie vernachlässigt werden können."

„Man betrachte zuerst Licht von einem einzigen Grade der Brechbarkeit.



Es seien LL' die einfallenden Strahlen, SS' sei der durchlöcherte Schirm, ll' die Linse, $\sigma\sigma'$ das Bild der Sonne, ss' das Bild des Schirmes. Man betrachte nur den Lichtbündel, der durch eine einzige Öffnung geht. Nach der Brechung durch die Linse werden sich diese gerade so fortpflanzen als ob $\sigma\sigma'$ eine helle Scheibe wäre von der die Strahlen ausgehen, von welchen uns aber nur diejenigen angehen, welche durch das Loch $\alpha\alpha'$ durchgehen ($\alpha\alpha'$ ist aber das Bild der Öffnung), oder welche von $\sigma\sigma'$ in solchen Richtungen ausgehen, dass sie durch das Loch $\alpha\alpha'$ hindurchgehen würden, wenn man sie nicht durch den Schirm aufgefangen hätte. Es entsteht dadurch also was man einen negativen Schatten $v\alpha$ $v\alpha'$ und Halbschatten $A\alpha\sigma$, $A'\alpha'\sigma'$ nennen könnte, das heisst Räume, welche für Beleuchtung eben dasjenige sind, was Schatten und Halbschatten für Finsterniss. Auf einem Schirme, mit welchem man die Strahlen auf-



fängt, würde eine Kreisfläche beleuchtet sein, am schmälsten bei $\alpha\alpha'$ (vorausgesetzt, dass $\sigma\sigma'$ grösser ist als $\alpha\alpha'$), und in dieser Entfernung auch gleichförmig hell, während bei anderen Entfernungen die Mitte heller sein wird als der Rand.“

„Man betrachte nun die Wirkung des Übereinanderfallens der hellen Kreise, welche den benachbarten Öffnungen entsprechen. Um die Frage auf das Äusserte zu vereinfachen, nehme ich die Öffnungen sehr klein an, so dass man $\alpha\alpha'$ als Punkt betrachten kann. Ich nehme dabei die Anordnung der Öffnungen als die nämliche an, wie in der von Ihnen gegebenen Figur [1]). Stellt man den Schirm in den Focus, so erscheint eine Reihe heller Flecke (Fig. 1). Bewegt man den Schirm ein wenig in den Richtung gegen die Linse oder von derselben weg, so öffnen sich die lichten Flecke zu lichten Kreisflächen (Fig. 2). Es sei d die Entfernung zwischen den Mittelpunkten zweier benachbarter Kreise, in verticaler oder horizontaler Richtung. Bewegt man den Schirm so weit, bis die Radien der Kreise grösser sind als $\frac{d}{2}$, aber kleiner als $\frac{d}{\sqrt{2}}$, so werden die Ränder der Scheiben über einander fallen, etwa so wie in Fig. 3. Der Schirm wird dadurch dem grössten Theile nach beleuchtet, mit Ausnahme von dunkeln quadratartigen, regelmässig geordneten Räumen (Fig. 4). Man bewege nun den Schirm so weit, bis die Radien der vergrösserten hellen Scheiben grösser sind als $\frac{d}{\sqrt{2}}$, aber noch immer kleiner als d, dann ist der Mittelpunkt der bisher dunklen Räume durch vier über einander fallende Kreisscheiben beleuchtet (Fig. 5), während der Mittelpunkt jedes früher hellen Raumes immer noch nur von einer einzigen beleuchtet wird. Die am hellsten beleuchteten Räume des

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

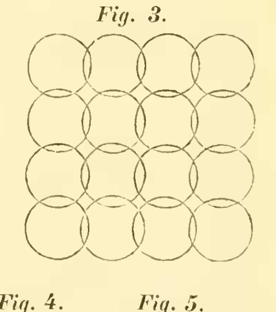


Fig. 4.

Fig. 5.

[1]) Sitzungsberichte u. s. w., Bd. VII, S. 291.

Schirmes sind also nun in regelmässiger Anordnung die Punkte wie a, welche in ihrer Lage denjenigen Gegenden des Schirmes entsprechen, welche, wenn dieser im Focus stand, die Mittelpunkte der dunkeln Zwischenräume waren. Es ist nicht nothwendig, die Details weiter zu verfolgen, nur das Eine bemerke ich noch, dass wenn der Radius nur noch um weniges kleiner ist als d, dass man dann nicht helle Punkte auf dunklem Felde, sondern dunkle Punkte auf hellem Felde hat, wobei die dunkeln Punkte in ihrer Lage den Mittelpunkten der Scheiben entsprechen, oder jenen Punkten, welche hell waren, als sich der Schirm im Focus befand."

„Im Allgemeinen wird das gleiche Ergebniss folgen, auch wenn die Öffnungen nicht ganz klein sind aber doch noch in einigem Verhältnisse zu den Zwischenräumen stehen. Doch dürften die verschiedenen Phasen der Erscheinung in diesem Falle sich weniger auffallend darstellen, als in jenem."

„Betrachten wir nun die Wirkung der Überlagerung der verschiedenen Bestandtheile des weissen Lichtes. Anstatt des einfachen Bildes der Sonne $\sigma\sigma'$ und des durchlöcherten Schirmes ss' haben wir eine unendliche Menge von Bildern, von welchen die stärker gebrochenen, wie $\sigma_b\sigma_b'$, s_b s_b' näher an der Linse liegen als die weniger gebrochenen. Da der Schirm, auf welchem das Bild aufgefangen wird, ziemlich nahe an dem Orte der deutlichsten Erscheinung des durchlöcherten Schirmes aufgestellt ist, so werden die chromatischen Abweichungen des Bildes ss' viel weniger wichtig sein, als die von $\sigma\sigma'$, und sie mögen daher hier der Einfachheit wegen gänzlich übergangen werden. Wird nun also der Papierschirm aus seiner früheren Stellung im Brennpunkte von der Linse hinweggerückt, so folgen sich die verschiedenen Phasen der Erscheinung schneller für die mehr als für die weniger brechbaren Farben, und dies aus dem Grunde, weil der Schirm von $s_b s_b'$ weiter absteht, als von $s_r s_r'$. Wenn dagegen der Schirm gegen die Linse zu bewegt wird, so geschehen die Änderungen früher für die weniger als für die mehr brechbaren Farben."

„Das gleiche Princip erklärt auch die Erscheinung im Auge. Die Hornhaut, Krystall-Linse u. s. w. nehmen den Platz der Linse ein,

die Netzhaut ersetzt den Papierschirm. Die Hauptverschiedenheit liegt in der Art, wie der durch jede einzelne Öffnung kommende Strahlenbündel begrenzt ist. In dem oben betrachteten Falle war er begrenzt durch oder in Folge der begrenzten Ausdehnung der Sonnenscheibe selbst, in dem gegenwärtigen Falle geschieht dies in Folge der begrenzten Pupille des Auges. Ferner, anstatt dass der Schirm bewegt wird, während die Bilder s_b s_b' $s_r s_r'$ eine feste Lage haben, so ist es hier der Schirm (die Netzhaut), welcher fest steht, während die Bilder $s s'$ bewegt werden, in Folge der Bewegung des Gegenstandes, der diese Bilder hervorbringt, eine Bewegung, welche in allen Fällen von Brechung eine Bewegung des Bildes in derselben Richtung zur Folge hat. Aber keiner dieser beiden Umstände hat einen Einfluss auf den Erklärungsgrund."

„Man halte nun ein Stück durchlöcherte Karte oder durchlöchertes Papier gegen den Himmel, in der Entfernung der deutlichsten Sehweite, und nähere es dann allmählich dem Auge. Die wahren Bilder der Karte, welche den verschiedenen Farben entsprechen, fallen nun hinter die Netzhaut; da aber die mehr gebrochenen Bilder vor den weniger gebrochenen liegen, so sind sie weniger ausserhalb des Brennpunktes. Daher finden die Veränderungen der Erscheinung schneller Statt für die weniger als für die mehr brechbaren Farben. Wenn daher die dunkeln Zwischenräume in die dunkeln Flecken überzugehen beginnen, so sind sie roth umsäumt, weil die rothen Kreisscheiben auf der Netzhaut grösser sind als die blauen. Diese Umsäumung durch Roth, oder vielmehr durch die mehr brechbaren Farben in ihrer Folge, könnte vielleicht zu wenig lebhaft sein, um einen Eindruck hervorzubringen. Wenn durch das Übereinanderfallen der Kreise die dunkeln Flecke in helle Flecke verwandelt wurden, so sind die letzteren gelblich von dem Vorwalten der weniger brechbaren Farben, während das allgemeine Feld bläulich ist, von dem Vorwalten der mehr brechbaren. Wird die durchlöcherte Karte, aus der früheren Stellung in der Entfernung des deutlichsten Sehens in eine grössere Entfernung vom Auge gerückt, so liegen die von den verschiedenen im weissen Licht enthaltenen Farben herrührenden Bilder der Karte vor der Netzhaut, zu äusserst die mehr brechbaren, und sie sind daher entfernter vom Brennpunkte als die weniger brechbaren. Daher sind die Farben der Flecken und Zwischenräume die entgegengesetzten von denen in der früheren Lage."

„Ich bemerke hier, dass das Auge nicht achromatisch ist. Schon Fraunhofer hat dies in seinen Bemerkungen über das Spectrum gezeigt. Sehr auffallend zeigt es eine Erscheinung, welche ich längst beobachtete, und welche ich später von Prof. Dove in Berlin in einer Abhandlung angegeben fand, die er mir sandte. Wenn man einen hellen, wohlbegrenzten Gegenstand, wie ein Licht oder die Sonnenscheibe, durch ein tiefblaues Glas oder durch eine Verbindung mehrerer solcher Gläser betrachtet, welche keinen anderen sichtbaren Strahlen den Durchgang gestatten ausser den äussersten rothen und violetten, so sieht man die rothen und die violetten Bilder der Gegenstände nicht gleich deutlich zusammen. Wenn ich die Sonnenscheibe durch eine Combination dieser Art betrachte, was ohne die geringste Unbequemlichkeit ausführbar ist, wenn man nur ein hinlänglich dunkles Glas oder eine hinlängliche Anzahl von Gläsern anwendet, so sehe ich eine wohl begrenzte rothe Scheibe und eine undeutliche violette Scheibe von etwa dem doppelten Durchmesser der ersteren. Die letztere kann durch die Anwendung einer convexen Linse deutlich gemacht werden, aber dann wird jene andere undeutlich. In der That kann ich entfernte Gegenstände deutlich vermittelst der äussersten rothen Strahlen sehen, bin aber entschieden kurzsichtig in Bezug auf die violetten Strahlen. Für mittlere Strahlen, und übereinstimmend für gewöhnliches Licht sollte ich daher etwas weniges kurzsichtig sein, welches auch der Fall ist."

Dies ist der Abschnitt in dem Briefe des Herrn Professors Stokes, der sich auf die Darstellung durch Projection auf einen Schirm und die Nachweisung der einzelnen Phasen der Erscheinung bezieht, deren ersten Eindruck ich seiner Zeit die Ehre hatte, der hochverehrten Classe vorzulegen. Dieselbe wird in der hier mitgetheilten Darstellung den Ausdruck der erfolgreichen Behandlung und der hohen wissenschaftlichen Stellung des ausgezeichneten Physikers nicht verkennen, dem ich wirklich den grössten Dank schuldig bin für die Aufmerksamkeit, die er dem Gegenstande meiner früheren Beobachtung schenkte, so wie der, dass er mir die Ergebnisse seiner Forschung mittheilte. Ich darf daher auch nicht versäumen, meinem heutigen Berichte einige Bemerkungen beizufügen.

Herr Professor Stokes führt die Erklärung der Erscheinung meisterhaft auf die Natur der Halbschatten oder überhaupt auf chromatische Aberration zurück und weist dadurch einen einfacheren

Charakter nach als die Intenferenz-Erscheinungen besitzen. Ich hatte die Bezeichnung Interferenz-Schachbrettmuster gleich am Anfange gewählt, indem ich den Begriff am allerweitesten nahm, und man doch immer eine specielle Bezeichnung nützlich anwendet, und wenn auch das erste Wort nicht ganz eigentlich entspricht oder selbst unrichtig gewählt ist, so wird man dasselbe bald so gewohnt, dass man es späterhin ohne weiteres Bedenken fortführt, bis es von irgend einer Seite beanständet wird. Man könnte noch allgemeiner und, ohne auf irgend eine Erklärungsart hinzudeuten, sagen „optisches Schachbrettmuster“, da es doch gewiss in den Bereich der Optik gehört.

Die Erklärung selbst lasse ich wohl billig ohne allen Commentar, sie spricht für sich selbst, und es scheint mir auch nicht erforderlich, für den Augenblick irgend etwas hinzuzufügen.

Dagegen möchte ich gerne noch ein Wort über die schöne Erscheinung sagen, deren Herr Professor Stokes zuletzt gedenkt, als eines Beweises für die unvollständige Achromasie des Auges. Er selbst hatte sie vor längerer Zeit unabhängig aufgefunden, die Herren Professor Dove und Plateau bemerkten sie ebenfalls unabhängig von einander [1]. Dove sah durch das violette Glas sowohl jenseits der deutlichsten Sehweite das Bild einer Kerzenflamme roth umsäumt von Blau, als auch diesseits derselben Violett umsäumt von Roth, und prüfte seit der ersten Beobachtung durch diese Erscheinung hunderte von Individuen auf ihre Sehweite. Ohne zu wissen, dass diese Beobachtung bereits von Andern gemacht und beschrieben war, gab auch ich eine Nachricht darüber. Ich brachte sie [2] in Verbindung mit der Natur der Erscheinungen in dem Schachbrettmuster und mit den Beobachtungen heller Lichtpunkte diesseits und jenseits der deutlichsten Sehweite, ohne Dazwischenkunft des farbigen Glases. Gewiss ist die Erklärung des einen Phänomens zugleich auch die des andern.

---

[1] „Vor zwölf Jahren.“ Dove: Darstellung der Farbenlehre und optische Studien 1853. S. 174. — Poggendorff's Annalen 1852. Bd. 85, S. 401.

[2] Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften. Mathem.-naturw. Classe. 1852. Bd. IX, S. 204.